УДК614.8.086.2[62-49]:54-12
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-4-2-8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ВЫСОТЕ

Денисов О. В., Ипатова А. В., Костина О. В., Шеховцова О. М., Мереняшев В. Е.

Донской государственный, технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

OVD63@mail.ru
Ipatova.Alina.V@yandex.ru
oksi20.00@mail.ru
Olya.schekhovtsova@yandex.ru
papa@xorelse.com

Рассматривается проблема роста травматизма в стране. Представлен алгоритм выбора средств защиты работников от падения с высоты. Предложенная авторами инновационная система безопасности работ на высоте практически исключает возможность нарушения соответствующих требований и может обеспечить безопасность человека в быстроразвивающемся техногенном обществе.

Ключевые слова: условия труда, защитные средства от падения человека, техногенное общество, критерии возникновения опасности, цифровые технологии.

UDC614.8.086.2[62-49]:54-12
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-4-2-8

TO THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF PERSPECTIVE SECURITY PROTECTORS FOR IMPROVEMENT OF LABOR PROTECTION AT WORK AT HEIGHT

Denisov O.V., Ipatova A.V., Kostina O.V., Shekhovtsova O.M., Merenjashev V.E.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

OVD63@mail.ru
Ipatova.Alina.V@yandex.ru
oksi20.00@mail.ru
Olya.schekhovtsova@yandex.ru
papa@xorelse.com

The article determines the relevance of the problem of rising injuries in the country. The article presents an algorithm for choosing the means of protecting workers from falling from a height. An innovative safety system for working at heights virtually eliminates the possibility of violating the rules of safety requirements, which can ensure human safety in a rapidly developing technogenic digital society.

Keywords: working conditions, protective equipment against human fall, technogenic digital society, hazard criteria, digital technologies

Введение. Приоритет жизни и здоровья граждан является одним из определяющих направлений государственной политики. Для обеспечения данного тезиса в РФ внедряется нормативный документ «ГОСТ Р 54934–2012 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья». При этом статистика представляет цифры о росте профзаболеваемости работников различных сфер экономики. Исследования показали, что доля тяжелых и смертельных случаев за четверть века не уменьшилась, а основными причинами являются некачественные и опасные условия труда [1, 2]. Доля таких случаев на производстве со сложными условиями труда в нашей стране достигает 8 %, что существенно выше аналогичных показателей развитых стран мира. Такая ситуация свидетельствует об актуальности комплексного изучения травматизма на производствах и планирования оптимальных мероприятий и технических решений, повышающих безопасность труда персонала [3].

Технические решения по предупреждению травматизма. В современных условиях научно-технический прогресс и охрану труда можно рассматривать в качестве единого вектора, повы-

шающего эффективность производств с одновременным уменьшением и ликвидацией профессиональных заболеваний и травматизма работников. Этому способствуют разработки в области совершенствования специальной высотной экипировки. В процессе таких разработок необходимо рассмотреть множественную подборку технических предложений, изобретений и патентов, представленных в научно-технических источниках Федерального института промышленной собственности (в структуре Роспатента), а также провести их классификацию. В частности это касается экипировки по предупреждению травматизма энергетиков [4, 5].

Существующие и разрабатываемые к настоящему времени методы и устройства для защиты энергетиков от травм при высотных работах дифференцируются согласно рис. 1. Такая классификация позволяет аргументированно выбрать наиболее рациональное средство защиты [4, 6].

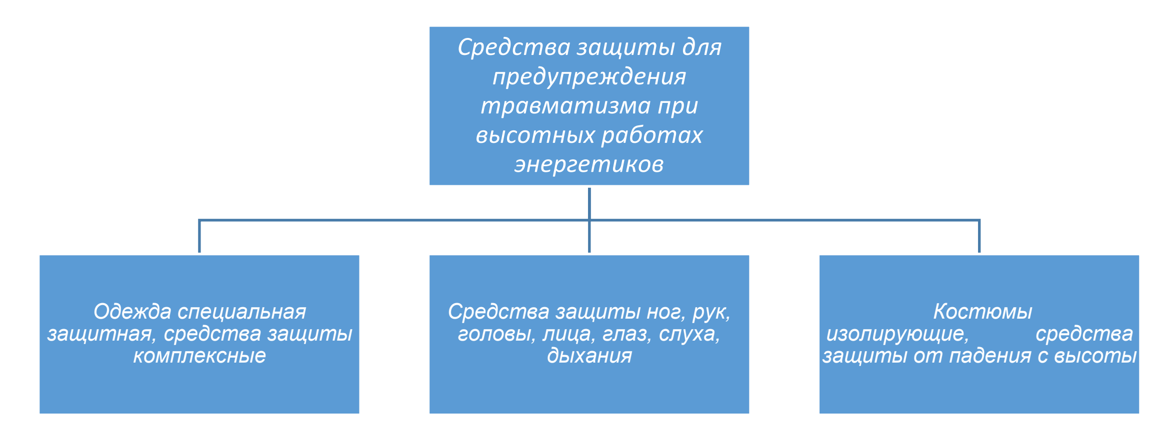


Рис. 1 Классификация технических решений по предупреждению травматизма

Дополнительно средства защиты от падения с высоты можно классифицировать по следующим характерным признакам:

- по высоте выполняемых работ;
- по времени подготовки средства защиты к работе;
- по удобству крепления средства защиты на одежду;
- по психологическому комфорту;
- по сложности технического обслуживания;
- по стоимостному параметру.

Параметры оценки защиты персонала, выполняющего работы на высотных объектах. Ниже приведены условия и критерии для анализа качеств конкретных параметров j средств и способов защиты персонала на высотных объектах:

1. Высота проводимых работ ($j = 1$). Это фактически заданная высота возможного применения индивидуального средства защиты персонала, объявленная предприятием-изготовителем с техническими параметрами, характеристиками и гарантиями. Максимальная оценка данного параметра $C_1 = 10$ баллов, весовой коэффициент $b_1 = 10$.

2. Сложность промышленного объекта ($j = 2$). Это степень опасной близости к вертикальным плоскостям фасада здания, архитектурным выступам, наружным вентиляционным каналам, радио- и телеантеннам, кондиционерам. Максимальная оценка данного параметра $C_2 = 10$, весовой коэффициент $b_2 = 10$.

3. Временные затраты на перевод средства защиты из состояния хранения в рабочее эксплуатационное состояние. Максимальная оценка данного параметра $C_3 = 10$, весовой коэффициент $b_3 = 50$.

4. Удобство размещения средства защиты: переносное, легко перемещаемое, либо стационарное, заметное на фоне других элементов. При этом локация на спецодежде или вертикальной поверхно-

сти промышленного объекта предпочтительны по сравнению с другими рассматриваемыми способами, так как работа на высоте обычно не предусматривает дополнительного времени на подготовку участков фиксации оборудования и спасательных устройств. Максимальная оценка рассматриваемого параметра $C_4 = 10$, весовой коэффициент $b_4 = 1$.

5. Применяемый тип источника электрической энергии. Это может быть малогабаритный переносной источник или источник энергии на промышленном объекте для работы оборудования и средств защиты. В этом случае предпочтительнее применять свободное от энергетического источника средство защиты. Максимальная оценка данного параметра $C_5 = 10$, весовой коэффициент $b_5 = 10$.

6. Участие персонала (помощников, ассистентов мастера) в подготовке к техническому применению и контролю правильности экипировки. Максимальная оценка данного параметра $C_6 = 10$, весовой коэффициент $b_6 = 50$.

7. Защита от интенсивного теплового воздействия. Сюда относятся средства (оборудование, устройства и элементы) защиты от воздействия высокой температуры, например, при пожаре. Максимальная оценка данного параметра $C_7 = 10$, весовой коэффициент $b_7 = 50$.

8. Ограничения по метеоусловиям. Здесь предпочтительна независимость от погодных условий (ветра, дождя, снега) в точке применения. Максимальная оценка данного параметра $C_8 = 10$, весовой коэффициент $b_8 = 1$.

9. Эмоциональный комфорт при эксплуатации средства защиты в сложных условиях деятельности. Максимальная оценка данного параметра $C_9 = 10$, весовой коэффициент $b_9 = 10$.

10. Эксплуатационная доступность, которая заключается в возможности применения средства защиты людьми разных возрастов и уровне технической квалификации. Это может быть связано с трудностями крепления устройства в помещении и на внешней стороне высотного объекта. Максимальная оценка данного параметра $C_{10} = 10$, весовой коэффициент $b_{10} = 50$.

11. Комплектация работника по количеству конструктивных элементов, деталей, узлов, необходимых для оснащения защитной экипировки. Максимальная оценка данного параметра $C_{11} = 0$, весовой коэффициент $b_{11} = 0$.

12. Защита от несанкционированного доступа, вмешательства в конструкцию, поломки при воздействии различных производственных и природных факторов, антивандальная устойчивость, устойчивость к поломке при падении с допустимых конструкцией высот. Максимальная оценка данного параметра $C_{12} = 10$, $b_{12} = 1$.

13. Помехообразующие функции для персонала. Это количество и уровневые параметры помех деятельности работникам предприятия, создаваемые средством защиты на всех интервалах выполняемых работ. Максимальная оценка данного параметра $C_{13} = 10$, весовой коэффициент $b_{13} = 1$.

14. Удобство оперативного крепления средства защиты на производственную одежду и снаряжение. Максимальная оценка данного параметра $C_{14} = 10$, весовой коэффициент $b_{14} = 1$.

15. Стоимостная оценка средства защиты. Это примерная стоимость единицы средства защиты с учетом изготовления в заданных объемах. Оценка данного параметра принимается $C_{15} = 0$, весовой коэффициент $b_{15} = 0$. Параметр b_{15} имеет информационную направленность.

16. Плановое техобслуживание. Этот параметр соответствует затратам на все виды ремонта и обслуживания за установленный предприятием-производителем плановый период. Максимальная оценка параметра $C_{16} = 0$, весовой коэффициент $b_{16} = 0$ — информационный параметр.

Экспертная оценка. Средства защиты от падения с высоты обладают индивидуальными техническими особенностями, диктующими правильные условия применения. В таблице 1 приведены технические параметры p_r^j каждого средства защиты из i-го ряда. Технические параметры p_r^j количественно оцениваются экспертами для всего ряда i-х средств защиты. Определение совокупности важных технических критериев становится начальным этапом сравнительного экспертного анализа. Значения каж-

дого элемента полученной матрицы, состоящей из экспертных оценок a_r^j и оценок рассматриваемых параметров p_r^j суммируются в каждом ряде i-го средства защиты. Здесь учитываются приведенные выше максимальные оценки данного параметра C_j рассматриваемой технической характеристики и условно осредненные для каждой из характеристик значения их весовой значимости b_j в исследуемом интервале сравнительного экспертного анализа [5, 7].

Оценочные расчеты параметра a_r^j в первом приближении с учетом экспертных оценок осуществлялись по всем i-м средствам защиты либо качественно, когда положительный вектор a_r^j равен 10, а отрицательный вектор a_r^j равен 0, либо по формуле для средневзвешенной величины:

$$a_r^j = 10\frac{(p_r^j - p_{\min}^j)}{(p_{\max}^j - p_{\min}^j)},$$

где $p_{\min}^j$ и $p_{\max}^j$ — наименьшее и наибольшее значение матрицы параметров p_r^j из ряда рассматриваемой j-й характеристики по всему i-му ряду средств защиты работников.

Для выбора средств защиты от падений с высоты авторы проводили расчет значений весовых коэффициентов. Если интервал в ряду основных факторов сравнительно мал (факторы не отличаются друг от друга более, чем на 10 процентов) возможно использовать равномерный линейный масштаб. При сравнительно большом интервале изменения образующих факторов авторы применяли нелинейный (логарифмический) масштаб.

Выбор средства защиты работников энергетической сферы от падений с высоты проводился методом оптимизации технических параметров с использованием определенного числа экспертных оценок основных величин. Оценить технические параметры в процессе производства, а также при первоначальных исследованиях, экспериментальной и конструкторской отработке средства защиты затруднительно. При таком выборе целесообразно использовать математическую модель, которая может использоваться с применением нескольких критериев оценки возможных технических и конструктивных решений. Такие решения учитывают как количественные характеристики (высоту проводимых работ, время подготовки устройства к работе), так и качественные меры (удобство крепления средства защиты на одежду работников, комфортность при эксплуатации, необходимость технического обслуживания) [6, 7].

Критериями оценки A_i являются заранее определенные существенные показатели, удельные значения которых определяют назначенные весовые коэффициенты k_i. Такая безразмерная условная форма эффективно вписывается в вычислительные процедуры по экспертным матрицам, а оценка целевых функций $Ц_{ij}$ в диапазоне от 0 до 10 баллов на основе экспериментальных (экспертных) данных показала свою эффективность. В этой методике степень соответствия оптимальному решению зависит от компетентности экспертов, задающих параметры значимости величин k_i и $Ц_{ij}$. Наиболее точный расчет обеспечивает метод экспертных оценок с привлечением нескольких компетентных специалистов. Баллы целевой функции размещают в левом верхнем углу клеток матрицы, а произведение параметров k_i и $Ц_{ij}$ — в правом нижнем. Значения интегральных целевых функций $Ц_j$, полученных согласно принятой методике для каждого варианта решений, указывают в нижней строке.

Пример решения задачи по выбору средства защиты работников энергетической сферы от травм физического характера в сложных условиях, в том числе от падений с высотных объектов, методом оптимизации параметров представлен в таблице 1.

Таблица 1

Выбор индивидуальных средства защиты работников энергетической сферы от травм физического характера в сложных условиях

Критерий оценки средства защиты	Весовой коэффи-циент	Тип системы индивидуальных защитных средств			
		A Локальные противоударные устройства, n_1	B Защитная экипи-ровка электро-изолирующего типа, n_2	C Средства защиты от падения с высоты, n_3	D Средства защи-ты органов дыхания, n_4
Высота проводимых работ	0,1	4 0,4	4 0,4	5 0,5	3 0,3
Время подготовки средства защиты	0,2	3 0,6	4 0,8	8 1,6	5 1,0
Оперативность крепления средства защиты на одежду	0,2	4 0,8	2 0,4	4 0,8	2 0,4
Участие помощников в подготовке средства защиты	0,1	7 0,7	5 0,5	7 0,7	4 0,4
Психологический комфорт	0,1	6 0,6	4 0,4	4 0,4	4 0,4
Техническое обслуживание	0,1	4 0,4	6 0,6	6 0,6	5 0,5
Стоимостной параметр	0,2	3 0,6	4 0,8	4 0,8	3 0,6
Целевая функция $Ц_j$	1,0	4,1	3,9	5,4	3,6

Специальная экипировка. Средства защиты от падения с высоты (n_1) в виде специальной экипировки с ременной системой безопасности повсеместно применяются с целью профилактики травматизма. Недостатками таких средств первых поколений являются сложность взаимосвязи и фиксации ременной системы безопасности [5, 8, 9].

Предлагаемый цифровой комбинезон для работ на высоте (рис. 1) представляет собой специальную одежду из композиционных материалов с усиленной молнией и ремнями безопасности, оснащен специальным тросом.

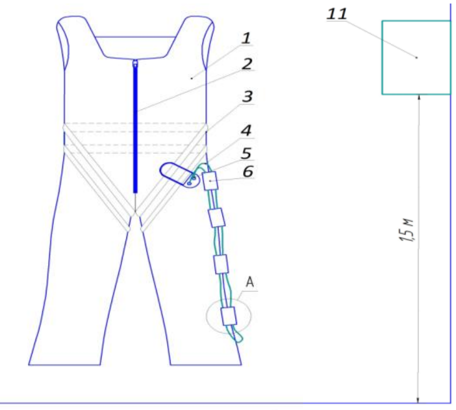


Рис. 1. Устройство инновационного комбинезона: 1 — спецкомбинезон; 2 — застежка-молния; 3 — страховка ременная;4 — трос силовой; 5 — карабин цифровой; 6 — крепеж-липучка; 11 — блок управления

Усиленный трос в конструкции комбинезона выполнен из углеродного волокна, оптоволокна и нейлона. Применение оптоволоконного провода совместно с блоком управления в цифровом карабине, передатчиком световых сигналов-импульсов и приемником сигналов-импульсов обеспечивает постоянный контроль прочностных характеристик троса [9]. Цифровой альтиметр, встроенный в карабин, настроен на опасную высоту. Он выдает работнику напоминающий сигнал (зуммер) о нарушении требований безопасности и параллельно — руководству на центральный офис. Кроме этой информации компьютер центрального офиса фиксирует отрезки времени нахождения работника на высоте не пристегнутым и пристегнутым к анкерным креплениям [9].

Масса специальной защитной экипировки изолирующего типа (n_2) должна обеспечивать возможность безопасных условий труда работников. Фурнитура, крепящаяся на материале верха защитной экипировки, не должна соприкасаться с внутренней поверхностью теплоизоляционной подкладки. Конструкции специальной экипировки и средств защиты рук должны позволять работнику эффективно выполнять все виды деятельности при плановых или аварийно-спасательных работах. Эти конструкции должны обеспечивать их использование совместно с пожарной каской, средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, инструментами, радиостанцией и средствами индивидуальной защиты ног работника.

Согласно статистике, в нашей стране каждый день регистрируется более 560 пожаров, в результате которых ежедневно погибает около 40 человек и около 35 получают травмы [5, 7]. При пожаре, в том числе электроустановок, выделяется большое количество угарного газа, других вредных и ядовитых веществ, а концентрация кислорода в атмосфере снижается до недопустимых значений (менее 17 %). Наиболее эффективны в таких случаях средства защиты органов дыхания (n_4) изолирующего типа, так как в отличии от фильтрующих средств защиты они позволяют эвакуироваться при локальном снижении концентрации кислорода в условиях чрезвычайных ситуаций, поскольку кислород выделяется внутри изолирующего аппарата.

Выводы. Из анализа совокупности полученных интегральных параметров следует, что при выбранных весовых коэффициентах k_i актуальными для дальнейшего изучения являются средства защиты от падения с высоты со значением целевой функции $Ц_3$ = 5,4. Это позволяет остановиться на более подробных исследованиях элементов защиты от падения с высоты и приступить к разработке новых анкерных систем.

Библиографический список

1. Бабаков, А. Н. Состояние охраны труда в России / А. Н. Бабаков, А. Г Черникова // Вестник ИМСИТ. — 2013. — № 3–4. — С. 21–23.

2. Denisov O.V., BulyginYu.I., Ponomarev A.E., Ponomareva I.A., Lebedeva V.V. Innovative solutions shockproof protection in occupations associated with an increased risk of injury // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – V. 50. – № 1. P. 012044.

3. Усикова, О. В. Сравнительный анализ организации систем охраны здоровья и безопасности труда (обзор зарубежного опыта) / О. В Усикова // Сиббезопасность-Спассиб. — 2013. — № 1. — С. 249–253.

4. Денисов, О. В Защитная повязка для крупных суставов при занятиях спортом / О. В Денисов, И. А. Пономарева, В. А. Зименко // Новые стандарты модернизации педагогического образования в формировании здорового образа жизни и безопасности жизнедеятельности : материалы III регион. науч.-практ. конф. Южн. федеральн. окр. — Краснодар, 2015. — С. 90–92.

5. Противоударное приспособление : патент 2578997 Рос. Федерация : A41D13/06 / Б. Ч. Месхи [и др.]. — № 2014134037/12; заявл. 20.08.2014; опубл. 27.03.2016 — Режим доступа: http://www.freepatent.ru /images/img_patents /2/2578/2578997/patent-2578997.pdf (дата обращения : 10.09.2019).

6. Страховочная система для выполнения верхолазных работ преимущественно канатным способом : патент 1773419 Рос. Федерация : A62B 35/00 / А. Г. Богомаз [и др.]. — № 4800874; заявл. 09.01.90; опубл. 07.11.1992 — Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/SU1773419A1_19921107 (дата обращения : 10.09.2019).

7. Плешко, М. С. О проблеме увеличения тяжести производственного травматизма на предприятиях машиностроения Ростовской области [Электронный ресурс] / М. С. Плешко, Е. В. Щекина, Н. В. Рябова // Инженерный вестник Дона. — 2017. — № 3. — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/o-problemeuvelicheniya-tyazhesti-proizvodstvennogotravmatizma-na-predpriyatiyah-mashinostroeniyarostovskoy-oblasti (дата обращения: 10.09.2019).

8. Денисов, О. В. К вопросу о противоударной экипировке в профессиях, связанных с повышенным риском / О. В. Денисов, Ю. И. Булыгин, А. Е. Пономарев // Инновационные технологии в науке и образовании: сборник науч. трудов науч.-методич. конф. — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 510–516.

9. Комбинезон для работ на высоте : патент 2 667 865 Рос. Федерация : A62B 35/00 / Б. Ч. Месхи [и др.]. — № 2018101689; заявл. 2018.01.17; опубл. 2018.09.24 — Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2667865C1_20180924 (дата обращения: 10.09.2019).

Об авторах:

Денисов Олег Викторович,
доцент Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), кандидат технических наук,
OVD63@mail.ru

Ипатова Алина Владимировна,
студент Донского государственного технического университета, (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1),
Ipatova.Alina.V@yandex.ru

Костина Оксана Викторовна,
студент Донского государственного технического университета, (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1),
oksi20.00@mail.ru

Шеховцова Ольга Михайловна,
студент Донского государственного технического университета, (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1),
Olya.schekhovtsova@yandex.ru

Меренящев Виталий Евгеньевич,
доцент Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), кандидат технических наук,
papa@xorelse.com